



Научная статья
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)
УДК 637.3

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.014



КОМБИНИРОВАННОЕ ПОДКИСЛЕНИЕ В ТЕХНОЛОГИИ СЫРОВ ТИПА «ЧЕДДЕР»

Ольга Николаевна Мусина ¹, Дарья Андреевна Усатюк ²,
Нина Ивановна Бондаренко ³

^{1,2,3} ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий», г. Барнаул, Россия,

¹ musinaolga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

² d_usatyuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

³ bni-22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

Аннотация. Классическая технология получения сыра типа «Чеддер» предполагает полностью микробиальное сквашивание подготовленного молока. Авторами предложено заменить микробиальное сквашивание на комбинированное с одновременным использованием органического подкислителя и заквасочных микроорганизмов. В качестве органического подкислителя обосновано использование глюконо-дельта-лактона, который при растворении в молоке медленно преобразуется в глюконовую кислоту, что способствует равномерному подкислению молока по типу молочнокислого брожения. В качестве бактериальных подкислителей определены два типа заквасок: закваска БЗ-СТБп, состоящая из чистых культур *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* и *Lactobacillus delbrückii ssp. bulgaricus*; концентрат БК-ТМП, состоящий из *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus*. Комбинированное подкисление применено в технологии полутвердого сыра со специальной обработкой сырной массы после формования и дробным созреванием. Описан технологический процесс получения экспериментальных образцов разрабатываемого сыра. Приведены результаты физико-химических и органолептических исследований, на основе которых в составе комбинированного подкисления с ГДЛ выбрана закваска, состоящая из бактериальных культур *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus*. Разработана технология полутвердого сыра «Мажор» с ускоренным производственным циклом, технология описана в нормативной документации СТО ФГБНУ ФАНЦА-013-2023.

Ключевые слова: комбинированное подкисление, технологический процесс, полутвердый сыр, глюконо-дельта-лактон, закваска, бактериальные культуры, активная кислотность, физико-химические показатели сыра, органолептические показатели сыра.

Для цитирования: Мусина О. Н., Усатюк Д. А., Бондаренко Н. И. Комбинированное подкисление в технологии сыров типа «Чеддер» // Ползуновский вестник. 2024. № 2, С. 113–117. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2024.02.014. EDN: <https://elibrary.ru/ZQSQWG>.

Original article

COMBINED ACIDIFICATION IN CHEDDAR CHEESE TECHNOLOGY

Olga N. Musina ¹, Daria A. Usatyuk ², Nina I. Bondarenko ³

^{1,2,3} Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Barnaul, Russia,

¹ musinaolga@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4938-8136>

² d_usatyuk@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7852-1680>

³ bni-22@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9045-6834>

Abstract. The classic technology for producing Cheddar cheese involves completely microbial fermentation of prepared milk. The authors proposed to replace microbial fermentation with combined fermentation with the simultaneous use of an organic acidifier and fermenting microorganisms. The use of glucono-delta-lactone as an organic acidifier is justified, which, when dissolved in milk, is slowly converted into

© Мусина О. Н., Усатюк Д. А., Бондаренко Н. И., 2024

gluconic acid, which contributes to uniform acidification of milk by the type of lactic acid fermentation. Two types of starter cultures have been identified as bacterial acidifiers: BZ-STBp starter culture, consisting of pure cultures of Streptococcus salivarius ssp. thermophilus and Lactobacillus delbrukii ssp. bulgaricus; BK-TMP concentrate consisting of Lactobacillus lactis and Lactobacillus helveticus. Combined acidification is used in the technology of semi-hard cheese with special processing of the cheese mass after molding and fractional maturation. The technological process of obtaining experimental samples of the cheese being developed is described. The results of physico-chemical and organoleptic studies are presented, on the basis of which a starter culture consisting of bacterial cultures Lactobacillus lactis and Lactobacillus helveticus was selected as part of combined acidification with GDL. The technology of semi-hard cheese "Major" with an accelerated production cycle has been developed, the technology is described in the regulatory documentation of the STO FGBNU FASCA-013-2023.

Keywords: combined acidification, technological process, semi-hard cheese, glucon-delta-lactone, starter cultures, bacterial cultures, active acidity, physico-chemical parameters of cheese, organoleptic parameters of cheese.

Forcitation: Musina, O.N., Usatiuk, D.A. & Bondarenko, N.I. (2024). Combined acidification in Cheddar cheese technology. Polzunovskiy vestnik, (2), 113-117. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2024.02.014. EDN: <https://ZQSQWG>.

ВВЕДЕНИЕ

Сотрудниками лаборатории научно-прикладных и технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА в рамках научно-исследовательской работы № 0534-2021-0010 «Повышение эффективности переработки молока, создании технологий новых сыров и другой безопасной и качественной ферментированной продукции на основе современных достижений техники, технологии, биохимии и микробиологии» осуществлен поиск возможных технологических приемов, которые способствуют оптимизации технологии получения сыра типа «Чеддер».

Сыры типа «Чеддер» получают путем чеддеризации сырной массы без ее термомеханической обработки. Классический сыр «Чеддер» изготавливают из пастеризованного и нормализованного коровьего молока с использованием мезофильных заквасочных культур и сычужного фермента. Полученное в сыродельной ванне зерно подвергают чеддеризации. Процесс чеддеризации в данной технологии заключается в многократном складывании спрессованной и разрезанной на блоки сырной массы друг на друга. Данное перекалывание позволяет сдавливать отдельные частицы сгустка, освобождая больше сыворотки, и способствует получению слоистой структуры сырной массы [1]. Во время чеддеризации бактериальная культура способствует дальнейшему образованию молочной кислоты, что необходимо для достижения активной кислотности в диапазоне от 5,4 до 5,0 ед. рН, так как именно при значениях рН, входящих в данный диапазон, сыр способен плавиться и вытягиваться при использовании его в составе горячих блюд.

Разработчиками новой технологии сыра типа «Чеддер» предложено заменить мик-

робинальное сквашивание молочной смеси на комбинированное, подразумевающее одновременное использование в качестве подкислителей бактериальной культуры и органического подкислителя.

Использование комбинированного подкисления направлено на ускорение биохимических процессов и упрощение технологии получения сыра типа «Чеддер», что достигается путем исключения многократного дробления и перекалывания сырной массы с целью получения слоистой структуры и определенного значения рН.

В качестве органического подкислителя выбран глюконо-дельта-лактон (ГДЛ, E575) [2], представляющий собой белый кристаллический порошок, легко растворяющийся в воде, без запаха, без вкуса, нетоксичный и полностью метаболизирующийся в организме по типу углеводов. При растворении сухого ГДЛ он преобразуется в глюконовую кислоту [3], что в технологии сыроделия способствует равномерному подкислению молока по типу молочнокислого брожения [4–5]. В предыдущих исследованиях была определена оптимальная доза сухого ГДЛ, которая составила 1–2 кг на тонну перерабатываемой молочной смеси. Данная дозировка способствует получению сыра с активной кислотностью после охлаждения от 6,18 до 6,08 ед. рН. Для дальнейшего снижения рН и проведения процесса чеддеризации необходимо дополнительное внесение бактериальной культуры.

Цель исследований состояла в изучении возможности ускорения и упрощения классической технологии сыра типа «Чеддер» путем использования комбинированного подкисления подготовленной к свертыванию молочной смеси при научно обоснованных оптимальных технологических режимах.

МЕТОДЫ

Все исследования проводились на коровьем молоке, соответствующем требованиям ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия». Нормализация цельного молока осуществлялась обезжиренным молоком, соответствующим требованиям ГОСТ 31658-2012 «Молоко обезжиренное-сырье. Технические условия».

В качестве органического подкислителя использовалась пищевая добавка E575: глюконо-дельта-лактон торговой марки «Fooding Group Limited» (Китай), соответствующая требованиям технических регламентов ТР ТС 021/2011, ТР ТС 029/2012.

В качестве микробиологических подкислителей выбраны:

1. Закваска БЗ-СТБп производителя ООО «Барнаульская биофабрика», представляющая собой лиофильно высушенную протосимбиотическую смесь чистых культур термофильного стрептококка *Streptococcus salivarius*ssp. *thermophilus* (Ст) и молочнокислой болгарской палочки *Lactobacillus delbrückii*ssp. *bulgaricus* (Пб).

2. Лиофилизированный концентрат БК-ТМП от производителя ООО «Барнаульская биофабрика», состоящий из специально подобранных штаммов *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus*.

Экспериментальные выработки образцов сыра с комбинированным подкислением проводились в полуавтоматической мини-сыроварне МСЭМ-40 NEW на 40 л (Россия).

Для сычужного свёртывания использовали сухой сычужно-говяжий фермент СГ-50 производства «Московского завода сычужных ферментов», содержащий химозин и говяжий пепсин в соотношении 50 : 50, а также кальций хлористый E509 по ТУ 2162-004-07623164.

Активную кислотность измеряли портативным рН-метром марки «Testo 205» с погрешностью $\pm 0,2$ рН, номер в Госреестре средств измерений РФ ФГИС АРШИН 30759-05 (компания «Testo», головной офис расположен в Германии).

Органолептические и физико-химические показатели сыров определялись по стандартным методикам. Органолептические показатели оценивались в соответствии с ГОСТ 33630-2015 «Сыры и сыры плавленые. Методы контроля органолептических показателей». Массовые доли влаги и жира определялись в соответствии с ГОСТ Р 55063-2012 «Сыры и сыры плавленые. Правила приемки, отбор проб и методы контроля».

Статистическая обработка данных про-

ведена с помощью *Microsoft Excel* (Microsoft Corporation, США). Для количественных переменных результаты представлены в виде среднего арифметического с указанием среднеквадратического отклонения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С учетом поставленной цели в качестве альтернативных микробиологических подкислителей в составе комбинированного подкисления были выбраны: закваска БЗ-СТБп и бактериальный концентрат БК-ТМП.

Технологический процесс получения сыра типа «Чеддер» начинался с приёмки сырья, очистки и сепарирования цельного молока.

Далее молоко пастеризовали при температуре от 74 до 76 °С с выдержкой от 20 до 25 с, охлаждали и нормализовали обезжиренным молоком до 2,8 % жирности.

В нормализованное молоко при температуре сквашивания 32 °С вносили ГДП из расчета от 1 до 2 кг на тонну смеси, а также кальций хлористый из расчета 20 г на 100 кг молока.

Далее в смесь вносили закваску в дозировке, необходимой для достижения сыром активной кислотности в диапазоне от 5,4 до 5,0 ед. рН.

В конце составления смеси для сквашивания вносили раствор сычужного фермента, после чего смесь оставляли в покое до образования сгустка нормальной плотности в течение от 30 до 40 минут, после чего сгусток разрезали.

Далее получали сырное зерно, отделяли часть сыворотки, проводили второе нагревание с вымешиванием полученного сырного зерна до требуемого размера. Затем сырное зерно с сывороткой направляли самотеком в перфорированные сырные формы (формование наливом). После формования сыр в формах оставляли на самопрессование для свободного отделения сыворотки.

Далее сыр в формах помещали в термокамеру для достижения сырной массы температуры не менее 45 °С. Термостатирование (ТС) сырной массы в разрабатываемой технологии осуществляли с целью проведения процесса чеддеризации.

После термостатирования сыр охлаждали при температуре окружающего воздуха от 18 до 22 °С и помещали в концентрированный солевой рассол. Затем сыр обсушивали и упаковывали в полимерную пленку для дальнейшего хранения.

В таблице 1 представлены данные активной кислотности исследуемых объектов по ходу технологического процесса получения экспериментальных образцов полутвердого сыра с комбинированным подкислением.

Таблица 1 – Активная кислотность исследуемых объектов

Table 1 - The active acidity of the studied objects

Исследуемые объекты	Активная кислотность, ед. рН	
	БЗ-СТБп	БК-ТМП
Готовый сгусток	6,24±0,02	6,28±0,05
Сыворотка после разрезки	6,19±0,04	6,21±0,08
Сыворотка после второго нагревания	6,11±0,02	6,13±0,06
Сформованное зерно	6,00±0,04	6,09±0,07
Сыр после ТС	5,77±0,05	5,96±0,07
Сыр после охлаждения	5,02±0,02	5,15±0,08

Анализ данных, представленных в таблице 1, свидетельствует о том, что подобранные бактериальные культуры и их дозировки в комбинации с сухим ГДЛ в технологии разрабатываемого полутвердого сыра типа «Чеддер» способствуют получению оптимального и заранее требуемого уровня активной кислотности разрабатываемого сыра.

Известно, что для «Чеддера» высшего качества рН должен находиться в пределах от 5,15 до 4,95 ед.

Активная кислотность опытных образцов сыра с обоими типами заквасочных культур после охлаждения находилась в пределах от 5,15 до 5,02 ед. рН. Полученные результаты способствуют получению оптимальных физико-химических и органолептических показателей, характерных для сыров с чеддеризацией сырной массы.

Важно отметить, что более активный молочно-кислый процесс с образованием большего количества молочной кислоты отмечен с закваской БЗ-СТБп, состоящей из термофильного стрептококка *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus*) и болгарской палочки *Lactobacillus delbrückii ssp. bulgaricus*.

Для дальнейшего сравнения специфичности технологического поведения двух типов заквасок были изучены физико-химические показатели экспериментальных образцов полутвердого сыра с комбинированным подкислением типа «Чеддер».

В таблице 2 представлены физико-химические показатели образцов полутвердого сыра с комбинированным подкислением в зависимости от вида бактериальных культур.

Данные таблицы 2 позволяют сделать вывод о том, что для образцов с закваской БЗ-СТБп характерны большая массовая доля

влаги, более высокий выход и меньшее содержанием жира. Образцы с закваской БК-ТМП, состоящей из *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus*, наоборот, отличались более низким содержанием влаги, меньшим выходом и большей жирностью.

Таблица 2 – Физико-химические показатели экспериментальных образцов сыра

Table 2 - Physico-chemical parameters of experimental cheese samples

Физико-химические показатели	Содержание, %	
	БЗ-СТБп	БК-ТМП
Выход, %	12,2±0,11	10,8±0,15
Массовая доля влаги, %	48,1±0,13	44,3±0,09
Абсолютный жир, %	21,6±0,05	23,6±0,09
Массовая доля жира в сухом веществе сыра, %	41,6±0,14	42,4±0,08

Таблица 3 – Органолептические показатели экспериментальных образцов сыра

Table 3 - Organoleptic characteristics of experimental cheese samples

Закваска	Вкус и запах	Консистенция	Рисунок
БЗ-СТБп	Хороший, чистый, сырный, незначительная кислинка	Менее эластичная, немного крошливая	Незначительные пустоты
БК-ТМП	Хороший, чистый, выраженный сырный, пряный	Хорошая, плотная, связная	Без видимых щелей и пустот

Для оценки влияния заквасочных микроорганизмов в сочетании с ГДЛ в разрабатываемой технологии на вкусовые характеристики нового вида сыра типа «Чеддер» многократно проводилась органолептическая оценка экспериментальных образцов сыра. В таблице 3 приведены сводные данные по органолептическим показателям экспериментальных образцов сыра.

Образцы, полученные путем комбинированного подкисления с закваской БЗ-СТБп, характеризовались сырным вкусом и запахом, но с незначительной кислинкой (таблица 3), а также немного крошливой консистенцией. Образцы с закваской БК-ТМП имели хороший выраженный сырный пряный вкус и запах в сочетании с плотной консистенцией, что является обязательным требованием для сыров типа «Чеддер» и сыров для пиццы.

Таким образом, экспериментально установлено, что при использовании в качестве бактериальных культур *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus* удается получить более

плотную консистенцию за счет меньшего количества влаги. Данные культуры способствовали эффективному обсушиванию сырного зерна во время обработки в сыродельной ванне, а также быстрому отхождению сыворотки во время самопрессования и термостатирования сформованной сырной головки.

Принимая во внимание вышеизложенные данные проводимых экспериментов и опытных выработок, разработчиками принято решение рекомендовать в качестве микробияльного подкислителя в комбинированном подкислении закваску на основе бактериальных культур *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus*. На основе полученных научных данных разработана технология сыра «Мажор» с ускоренным и упрощенным относительно классической технологии сыра типа «Чеддер» производственным циклом, технология описана в нормативной документации СТО ФГБНУ ФАНЦА-013-2023.

ВЫВОДЫ

В результате проведенной научно-исследовательской работы была разработана технология полутвердого сыра со специальной обработкой сырной массы после формования и дробным созреванием с ускоренным производственным циклом за счет применения комбинированного подкисления при помощи органической кислоты ГДЛ и бактериальной закваски на основе бактериальных культур *Lactobacillus lactis* и *Lactobacillus helveticus*, а также применения оптимальных технологических режимов специальной обработки уже полученной сырной массы.

На научно-обоснованную технологию разработан и утвержден в установленном порядке стандарт организации СТО ФГБНУ ФАНЦА-013-2023. Данный нормативный документ распространяется на полутвердый сыр под названием «Мажор», с низкой температурой второго нагревания, вырабатываемый из коровьего нормализованного пастеризованного молока с использованием бактериальных заквасок и регулятора кислотности, путем коагуляции молочных белков молоко-свертывающим ферментом, со специальной обработкой сырной массы после формования и дробным созреванием.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 12 мая 2023; одобрена после рецензирования 29 февраля 2024; принята к публикации 06 мая 2024.

The article was received by the editorial board on 12 May 2023; approved after editing on 29 Feb 2024; accepted for publication on 06 May 2024.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МакСуини П.Л.Г. Практические рекомендации сыроделам. СПб. : Профессия, 2010. 374 с.
2. Глюконо Дельта Лактон (ГДЛ) – орион продукт. URL : <https://orion-food.com/gdl.html> (дата обращения: 23.01.2024).
3. GLUCONO DELTA-LACTONE – Ataman Kimya. URL: <https://atamanchemicals.com/glucono-delta-lactone-u26291/> дата обращения: 20.03.2024).
4. Parke S.A. Tastes, structure and solution properties of D-Glucono-1,5-lactone / S.A. Parke, G.G. Birch, D.B. MacDougall, D.A. Stevens // *Chemical Senses*, 1997. Vol. 22, № 1. P. 53-65.
5. Мироненко И.М. Использование глюкона-δ-лактона как подкисляющего агента / И.М. Мироненко, А.И. Яшкин // *Актуальные проблемы техники и технологии переработки молока. Том Выпуск 11. Барнаул : АЗБУКА, 2014. С. 40–45. EDNZYYPTD.*

Информация об авторах

О. Н. Мусина – д-р техн. наук, гл. науч. сотр., руководитель «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий (ФАНЦА).

Д. А. Усатюк – науч. сотр. лаб. научно-прикладных технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.

Н. И. Бондаренко – зав. лаб. научно-прикладных и технологических разработок «Сибирского НИИ сыроделия» ФГБНУ ФАНЦА.

REFERENCES

1. McSweeney, P.L.G. (2010). Practical recommendations for cheese makers. St. Petersburg : Profession. (In Russ.).
2. Glucono Delta Lactone (GDL) is an orion product (2024). Retrieved from <https://orion-food.com/gdl.html> (accessed: 01/23/2024). (In Russ.).
3. GLUCONO DELTA-LACTONE - Ataman Kimya. (2024). Retrieved from https://atamanchemicals.com/glucono-delta-lactone_u26291/ / date of access: 03/20/2024). (In Russ.).
4. Parke, S.A., Birch, G.G., MacDougall, D.B. & Stevens, D.A. (1997). Tastes, structure and solution properties of D-Glucono-1,5-lactone. *Chemical Senses*, 22(1). 53-65. (In Russ.).
5. Mironenko, I.M. & Yashkin, A.I. (2014). The use of glucon-δ-lactone as an acidifying agent. Actual problems of technology and technology of milk processing. (11). Barnaul: AZBUKA, 40-45. EDNZYYPTD.

Information about the authors

O.N. Musina - D.Sc., Head of the «Siberian Research Institute of Cheese-Making» Federal Altai Scientific Centre of Agro-Bio Technologies (FASCA), Professor of the Institute for Biotechnology, Food and Chemical Engineering, Polzunov Altai State Technical University.

D.A. Usatiuk - research scientist, lab. of scientific and applied technological developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Makin», FASCA.

N.I. Bondarenko - Head of the lab. of scientific and applied technological developments of the "Siberian Research Institute of Cheese-Makin», FASCA.